

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06025898  
PUBLICATION DATE : 01-02-94

APPLICATION DATE : 07-07-92  
APPLICATION NUMBER : 04179712

APPLICANT : TOYOTA MOTOR CORP;

INVENTOR : FUWA YOSHIO;

INT.CL. : C25D 15/02 C23C 18/52 F16C 33/12

TITLE : SLIDING MEMBER

ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a sliding member, such as pinion shaft, excellent in wear resistance and seizure resistance and minimal in wear of a mating material.

CONSTITUTION: Composite plating where ceramic grains of  $\leq 1\mu\text{m}$  grain size are dispersed, by 2-6% in Ni-xP (where x=4 to 7%) or Ni-xP-yCo (where x=4 to 7% and y=15 to 35%) is formed on the surface of the sliding part of a base material. Because the alloy layer itself of the composite plating layer has wear resistance and the wear resistance of the plating layer is further improved by the grains dispersed in the form of eutectoid, seizure load can be increased without causing wear to a mating material.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

Best Available Copy

(19)日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-25898

(43)公開日 平成6年(1994)2月1日

(51)IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 2 5 D 15/02	J			
C 2 3 C 18/52	A			
F 1 6 C 33/12	Z	6814-3J		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 9 頁)

(21)出願番号	特願平4-179712	(71)出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	平成4年(1992)7月7日	(72)発明者	加藤 慎治 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72)発明者	不破 良雄 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(74)代理人	弁理士 大川 宏

(54)【発明の名称】 摺動部材

(57)【要約】

【目的】 耐摩耗性および耐焼付性に優れ、かつ相手材の摩耗の少ないピニオンシャフト等の摺動部材。

【構成】 基材の摺動部表面にNi-xP (x=4~7%)またはNi-xP-yCo (x=4~7%、y=15~35%)と、粒径が1μm以下のセラミックス粒子を2~6%分散させた複合メッキを形成したものであって、複合めっき層の合金層自体が耐摩耗性を有すると共に、共析した分散粒子によりさらにめっき層の耐摩耗性が向上し、相手材を摩耗させずに焼付荷重を増大することができた。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材の摺動部表面に $Ni-xP$  ( $x=4\sim7\%$ )と、粒径が $1\mu m$ 以下のセラミック粒子を $2\sim6\%$ 分散させた複合メッキを形成したことを特徴とする摺動部材。

【請求項2】 基材の摺動部表面に $Ni-xP-yCo$  ( $x=4\sim7\%$ 、 $y=15\sim35\%$ )と、粒径が $1\mu m$ 以下のセラミック粒子を $2\sim6\%$ 分散させた複合めっきを形成したことを特徴とする摺動部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は自動車の差動装置に使用されるピニオンシャフト等の摺動部材に関する。

【0002】

【従来の技術】 車両の差動装置のピニオンギヤは、リングギヤに固定されたデフケース内で、ピニオンシャフトに軸支され、トルクを両側のサイドギヤに伝達しているが、車両が旋回するときは、ピニオンギヤが自転することにより、左右輪の回転数差を調整する。そのため、ピニオンギヤとピニオンシャフトとは摺動面を有する。

【0003】 従来、この摺動部材であるピニオンシャフトには、基材として機械構造用低合金鋼であるSCr415HまたはSCM420Hを用い、基材がSCr415Hである場合は、浸炭浸窒処理をし、焼入焼もどしした後研磨し、SCM420Hの場合は、浸炭浸窒焼入焼もどしして研磨した後、さらにタフトライド処理を施すか、あるいは膜厚 $10\mu m$ 前後の無電解 $Ni-P$ めっきを施し、 $330^\circ C$ で1時間の時効処理を施していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記の膜厚 $10\mu m$ 程度の無電解 $Ni-P$ めっき層は、耐摩耗性が充分でないために、耐久試験を行うと、 $Ni-P$ めっき層が磨滅し、基材が露出する。基材が露出した状態では基材の耐焼付き性が劣るため、厳しい条件では焼付きを発生し摩耗量が大きくなることがある。

【0005】 また、ピニオンシャフトの摺動面は、油膜厚さを調整するために、摺動面の両端においてめっき膜厚を薄くすることが好ましいが、無電解 $Ni-P$ めっきは基材に対して均一膜厚となる特性があり、めっき層の膜厚をピニオンシャフトの円周方向で調節することが不可能である。

【0006】 さらに、無電解 $Ni-P$ めっきはP含有量が $9\sim12\%$ と高く、皮膜が脆い性質となっているため、高面圧下の条件で試験をおこなうと、層内破壊を起こすことがある。

【0007】 本発明は車両の差動装置のピニオンシャフト等の摺動部材の摺動面に施される硬質めっき等の表面改質層の前記のごとき問題点を解決するためになされたものであって、従来のめっき層よりも耐摩耗性および耐焼付き性に優れ、かつ相手材を摩耗させない摺動部材を提

供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 発明者等は無電解 $Ni-P$ めっきがP含有量が $9\sim12\%$ と高く、皮膜が脆いことに鑑み、めっき層のP含有量について検討を重ねた。また同時にめっき層に耐摩耗性の粒子を共析させる複合めっき層とすることが有利であると考え、耐摩耗性粒子の性状についても研究を進めた。その結果、めっき層のP含有量を $4\sim7\%$ 低減すると共に平均粒径 $1\mu m$ 以下のセラミックス粒子を共析させた複合めっき層とすることにより、著しく耐摩耗性が向上することを見出して本発明を完成した。

【0009】 本発明の摺動部材は、基材の摺動部表面に $Ni-xP$  ( $x=4\sim7\%$ )または $Ni-xP-yCo$  ( $x=4\sim7\%$ 、 $y=15\sim35\%$ )と、粒径が $1\mu m$ 以下のセラミックス粒子を $2\sim6\%$ 分散させた複合メッキを形成したことを要旨とする。

【0010】  $Ni-P$ 複合めっき層あるいは $Ni-Co-P$ 複合めっき層は、化学めっきまたは電気めっきのいずれで形成しても良い。形成された複合めっき層は $330\sim350^\circ C$ で1時間程度の時効処理を施し、MHV900以上の硬さとすることが必要である。複合めっき層の厚さは特に制約はないが、必要な耐摩耗性を確保するためには、 $2\sim20\mu m$ とすることが好ましい。

【0011】 セラミックスとしては、耐摩耗性のある硬質なものであれば良いが、例えば炭化珪素、窒化珪素、サイアロン、ジルコニア、CBN、TiC等を用いることができる。セラミックス粒子の粒径は $1\mu m$ 以下であって、形状は角部の曲率半径が $0.15\mu m$ 以上あることが好ましい。

【0012】

【作用】 本発明の摺動部材は、基材の摺動部表面に $Ni-xP$  ( $x=4\sim7\%$ )または $Ni-xP-yCo$  ( $x=4\sim7\%$ 、 $y=15\sim35\%$ )と、粒径が $1\mu m$ 以下のセラミックス粒子を $2\sim6\%$ 分散させた複合メッキを形成したので、複合めっき層の合金層自体が耐摩耗性を有すると共に、共析した分散粒子によりさらにめっき層の耐摩耗性が向上し、相手材を摩耗させずに焼付荷重を増大する。

【0013】 本発明において、複合めっき層のP含有量を $4\sim7\%$ に限定したのは、Pは時効処理によって $Ni_3P$ 、 $Co_3P$ の形に結晶化し硬さを向上して耐摩耗性が得られるが、P含有量が $4\%$ 未満であると硬さがMHV900を下回ることに必要な耐摩耗性が得られなくなるからである。P含有量が $7\%$ を越えると、硬さおよび耐摩耗性はより良好となるが、皮膜が脆い性質となるために、高面圧での試験で層内破壊を起こす。これによる皮膜からの脱落粒子がアブレシブ作用を伴い皮膜をつぎつぎに破壊・摩耗させるため結果として摩耗大となる。

【0014】また、セラミック粒子の分散量を2～6%にしたのは、セラミック粒子の分散によって耐摩耗性が向上しているわけで、分散量が2%未満であると十分な耐摩耗性向上の効果が得られないからであり、分散量が6%を越えると耐摩耗性向上の効果は大きくなるが、皮膜内におけるセラミック粒子間距離が著しく短くなるために、高面圧での試験で層内破壊を起こし前記と同様の不具合が生ずるからである。

【0015】セラミック粒子の粒径を1μm以下としたのは、粒径が1μmを越えると耐摩耗性は向上するが、アブレシブ作用により相手材の摩耗を増大させるからである。また、膜厚に対し粒径が比較的大きいために、皮膜の表面あらさが大きくなる。表面あらさが大きいと、油膜を破断する割合が大きいために、焼付荷重は低下することとなる。また、粒子の角部の曲率半径が0.15μm以下になると、相手攻撃性が増し、相手材の摩耗が大きくなるため、角部の曲率半径を0.15μmとすることが好ましい。

【0016】また、本発明において複合めっき層をNiベースの皮膜としたのは、Feベースでは相手材（ピニオンギヤ）との同種材同志の組み合わせとなるために、耐焼付性が劣るからであり、他にCoベースがあるが、Coは産出量も少なく入手不安があり、耐焼付性もNiベースよりは劣ると共に耐摩耗性もNiベースよりも劣るので好ましくないからである。NiベースにCoを15～30%添加すると、Ni<sub>3</sub>PとCo<sub>3</sub>Pの適度な複合組織となるため、より一層耐焼付性が高くなる。

【0017】膜厚を2～20μmとしたのは、膜厚が2μmより下回ると耐摩耗性は優れていてもその膜厚で寿命を全うすることはできず、磨滅することになるので、耐久性が不足する。また、膜厚が20μmを越えると、表面あらさが大きくなり油膜破断が起きて耐焼付性が低下する。

【0018】複合めっき層の膜厚は、図2に示すように摺動部の両端部で薄くすることが好ましいが、その理由はピニオンシャフトとピニオンギヤとは、リングギヤによりかきあげられたギヤ油がピニオンシャフトの中央に付着し、これが遠心力で両端に向かって流れ、2面幅の部分から入り込むギヤ油により自然給油され潤滑している。従って、ギヤ油が摺動面間にうまく入り込んでくれるか否かは入口部の形状いかんにかかっており、摺動部の両端部で薄くすることにより好ましい結果が得られるからである。なお、複合めっき層を摺動部の両端部で薄く形成するには、摺動部に電気めっきする際の電極の大きさを適度に調整することによって容易に得られる。

【0019】

【実施例】本発明の実施例を比較例および従来例と比較して説明し、本発明の効果を明らかにする。

（実施例1）基材としてSCM420Hを用い試験片を

調製し、浸炭焼入れした後520℃×1時間の高温焼もどしを行い、試験片の表面に表1～表3に示す組成のNi基合金に表1～表3に示す種類、粒径、共析量のセラミック粒子を分散させた膜厚6μmの複合めっき被膜を電気めっき法により形成した。複合めっき層に対しては、それぞれ330℃で1時間の時効硬化処理を施した。

【0020】なお、表1～表3において、番号1～20は本発明の実施例であるが、番号21～34は比較例であって、番号21および27はセラミック粒子の角部の曲率半径が1.5μm以下の比較例、番号22、33および34はNi合金中のP含有量が4%以下である比較例、番号23および31はセラミック粒子の共析量が2%以下である比較例、番号25、26、28および29はセラミック粒子の粒径が1μm以上である比較例、番号25および30はセラミック粒子の共析量が6%以上である比較例、番号32はNi合金中のP含有量が7%以上である比較例、番号24はセラミック粒子がアルミナである比較例である。

【0021】また、番号35～36は従来例であって、番号35は基材としてSCr15を用い浸炭焼入れしたもの、番号36は無電解Ni-Pめっき後350℃で1時間時効処理したものである。

【0022】これら実施例、比較例および従来例の試験片について、焼付荷重、摩擦係数、摩耗深さおよび相手材摩耗量、表面硬さおよびめっき表面あらさについて測定した。焼付荷重および摩擦係数は、機械試験所型摩擦摩耗試験機を用い、上側円筒試験片はSCr415H浸炭焼入れしたものとし、下側平板試験片は表1～3の各材料とし、供試油ATF滴下潤滑、すべり速度1.2m/secで、2分毎に25kg（ $p=25\text{kg}/\text{cm}^2$ ）づつ増大させていった時の摩擦係数 $\mu=0.15$ になった時の焼付荷重（ $n=2$ 以上の平均値）および荷重150kgでの摩擦係数（ $n=2$ 以上の平均値）を測定したものである。

【0023】摩耗深さ（μm）および相手材の摩耗（mg）は、LFW-1摩耗試験機を用い、下側リング試験片をSUJ2焼入れ焼もどしHv720一定とし、上側ブロック試験片は表1～表3の各材料とし、下側リング試験片をすべり速度0.3m/secで、供試油AFTに油浴した状態で回転させ、これに上側ブロック試験片を荷重60kgおよび180kgにて60分押し付けた時に、ブロック試験片に形成される円弧状摩耗痕の深さ（μm）およびリング試験片の摩耗重量（mg）を測定したものである。得られた結果は表1～表3にまとめて示した。

【0024】

【表1】

【0025】

区 分	番 号	被合めつき層組成 (重量%)							焼付荷重 (kg)	磨粒係数	磨粒深さ ( $\mu\text{m}$ )		相手材の 磨耗 (mg)	表面硬さ MHV 100g	めつき層 表面あら さ Rz ( $\mu\text{m}$ )
		合金組成		セラミック粒子											
		P量 (%)	Co量 (%)	種類	共析量 (%)	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	角部曲率 半径 $\mu\text{m}$								
							荷重 60kg	荷重 180kg							
発明材	1	6.5	25	窒化珪素	3	0.5	0.18	500	0.030	500	1.2	2.5	0.3	975	0.8-1.5
	2	4.5	25	"	5	0.7	0.2	500	0.032	500	0.9	1.9	0.4	975	1~2
	3	6.0	20	炭化珪素	4	0.7	0.2	450	0.040	450	0.8	1.6	0.7	990	1~2
	4	7.0		窒化珪素	3	0.5	0.18	412.5	0.045	412.5	2.0	4.0	0.3	960	0.8-1.5
	5	4.5		炭化珪素	4.5	0.8	0.25	400	0.047	400	1.8	3.7	0.5	920	1~2
	6	4.0		窒化珪素	4	0.7	0.8	400	0.040	400	2.0	4.0	0.2	920	1~2
	7	5.0		"	4	0.7	0.8	412.5	0.035	412.5	1.8	3.7	0.2	940	1~2
	8	7.0		"	4	0.7	0.8	425	0.030	425	1.6	3.2	0.2	980	1~2
	9	5.0	15	"	4	0.7	0.8	500	0.032	500	1.0	2.0	0.3	970	1~2
	10	5.0	25	"	4	0.7	0.8	500	0.032	500	0.9	1.9	0.3	975	1~2
	11	5.0	35	"	4	0.7	0.8	500	0.030	500	0.8	1.7	0.3	980	1~2
	12	5.0	40	"	4	0.7	0.8	425	0.045	425	1.8	5.0	0.4	970	1~2

【表2】

【0026】

区 分	番 号	複合めっき層組成 (重量%)							焼付け荷重 (k g)	摩擦係数	摩擦経路さ (μm)		相手材の 摩耗 (mg)	表面硬さ MHV 100 g	めっき層 表面あら さ Rz (μm)
		合金組成		セラミック粒子											
		P量 (%)	Co量 (%)	種類	共析量 (%)	粒径 (μm)	角部曲率 半径μm	荷重 60kg			荷重 180kg				
発射材	13	5.0	10	窒化珪素	4	0.7	0.8	425	0.040	1.7	3.4	0.2	945	1~2	
	14	5.0		同上	2	0.7	0.8	400	0.039	2.3	4.6	0.3	900	1~2	
	15	5.0		同上	6	0.7	0.8	425	0.030	1.5	3.0	0.4	950	1.5~2	
	16	5.0		同上	4	1.0	0.8	400	0.041	1.7	3.5	0.2	945	1~2	
	17	5.0		同上	4	0.5	0.8	425	0.036	2.0	4.0	0.2	935	1~2	
	18	5.0		同上	4	0.7	0.15	400	0.040	2.0	4.0	0.4	940	1~2	
	19	5.0		同上	4	0.7	0.3	400	0.038	1.9	3.8	0.3	940	1~2	
	20	5.0		同上	4	0.7	0.5	412.5	0.035	1.8	3.7	0.2	940	1~2	
比較材	21	5.0		炭化珪素	4	0.9	0.10	300	0.095	1.8	3.6	4	930	2~3	
	22	1.0		同上	5	0.9	0.2	250	0.102	9	17	0.4	700	1~2	
	23	4.0	20	窒化珪素	1	0.5	0.2	275	0.098	8	15	0.5	910	0.7~1.4	
	24	4.0	20	アルミナ	5	0.7	0.2	300	0.095	5	11	0.5	950	1~2	

【表3】

区 分	番 号	被合めつき層組成 (重量%)							焼付荷重 (kg)	摩擦係数	摩擦深さ ( $\mu\text{m}$ )		相手材の 摩耗 (mg)	表面硬さ MHV 100g	めつき層 表面あら さ Rz ( $\mu\text{m}$ )	
		合金組成		セラミック粒子												
		P量 (%)	Co量 (%)	種類	共析量 (%)	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	角部曲率 半径 $\mu\text{m}$	荷重 60kg			荷重 180kg					
比較材		25	5.0	25	窒化珪素	7	2	0.2	300	0.091	0.3	1.0	3	1030	2~3.5	
		26	5.0	25	同上	3	4	0.3	225	0.102	0.2	0.5	4	975	3~5	
		27	5.0		同上	4	0.7	0.12	275	0.100	1.8	5.0	6.0	930	1.5-2.5	
		28	5.0		同上	4	4	0.8	225	0.102	0.5	1.0	4.0	940	2~3	
		29	5.0		同上	4	1.5	0.8	300	0.092	0.8	2.0	3.0	935	1.5-2.5	
		30	5.0		同上	7	0.7	0.8	300	0.091	0.3	2.0	3.9	1030	2~3.5	
		31	5.0		同上	1	0.7	0.8	250	0.099	8	15	0.5	910	1~2	
		32	7.5		同上	4	0.7	0.8	250	0.120	1.6	25	5	980	1~2	
		33	3.5		同上	4	0.7	0.8	275	0.102	8	16	1	800	1~2	
		34	1		同上	4	0.7	0.8	250	0.100	10	18.5	0.4	700	1~2	
従来材		35	SCr20浸炭焼入れ							150	0.090	11	20.0	2.5	700-800	1~2
		36	無電解Ni-Pめっき (P含有量9~12%)							225	0.105	10	18	0.5	900	0.5

【0027】表3の結果より、番号35および番号36の従来例は、焼付荷重が150kgおよび225kgと最も低く、摩耗深さも荷重60kgで10~11 $\mu\text{m}$ 、荷重180kgで18~20mgと深く、摩擦係数も0.090~0.105と高かった。

【0028】また、表2および表3より、番号22、33および34のNi合金中のP含有量が4%以下である比較例は、焼付荷重が250~275kgと低く、摩耗深さも荷重60kgで8~10 $\mu\text{m}$ 、荷重180kgで17~18 $\mu\text{m}$ と深く、摩擦係数も0.100~0.1

02と高かった。また、番号32のNi合金中のP含有量が7%以上である比較例は、高荷重において層内破壊を起こし、荷重180kgで摩耗深さが一気に25 $\mu\text{m}$ に達し、焼付荷重も250kgと低かった。

【0029】番号23および31のセラミック粒子の共析量が2%以下である比較例は、焼付荷重が250~275kgと低く、摩耗深さも荷重60kgで8 $\mu\text{m}$ 、荷重180kgで15 $\mu\text{m}$ と深く、耐摩耗性に劣った。番号25および30のセラミック粒子の共析量が7%以上である比較例は、焼付荷重は300kgとやや高くなっ

たものの、高荷重において層内破壊を起こし、荷重180kgで摩耗深さが一気に20μmに達し、相手材の摩耗量も3〜3.9mgと高かった。

【0030】番号25、26、28および29はセラミック粒子の粒径が1μm以上である比較例であるが、いずれも焼付荷重が225〜300kgと好ましくなく、相手攻撃性も3〜4mgと高かった。また、番号21および27のセラミック粒子の角部の曲率半径が1.5μm以下の比較例は、同様に相手攻撃性が高く、相手材の摩耗量が3〜6mgであった。なお、番号24のセラミック粒子がアルミナである比較例は焼付荷重が300kgと低く、摩耗深さも荷重60kgで5mg、荷重180kgで11μmと深く、耐焼付性および耐摩耗性に劣った。

【0031】これに対して本発明例である番号1〜20は、焼付荷重が412.5〜500kgであり、摩擦係数も0.030〜0.047であって、耐焼付性に優れ、摩耗深さも荷重60kgで0.8〜2.3μm、荷重180kgで1.6〜5.0μmであって耐摩耗性に優り、相手材の摩耗量も0.2〜0.7mgであって相手攻撃性が低いことが判明し、本発明の効果が確認できた。

【0032】（実施例2）図1の側面図と、図2の図1のA-A線における断面図に示すピニオンシャフトの摺動面a1、a2、a3、a4面に、図3の膜厚模式図に示すように皮膜厚さを両端部で薄くして膜厚10μmの複合めっき皮膜を形成した。なお、形成した複合めっき皮膜の合金成分は、Ni-25%Co-6%Pであっ

て、セラミック粒子として粒径0.5μmの窒化珪素3%を共析させた。

【0033】膜厚は電気めっきの場合、電流密度の大きさに比例するため、図3の膜厚模式図に示すように皮膜厚さを両端部で薄くするために、図4のピニオンシャフトに電気めっき中の平面図および図5の側面図に示すように、ピニオンシャフト1の摺動面a1〜a4に対して電極2の大きさを適度に調節した。

【0034】なお、比較のために比較例として、図1および図2と同じピニオンシャフトの摺動面a1〜a4に、同じ組成の複合めっき皮膜を10μmの厚さで均一に形成した。また、従来例として同じピニオンシャフトの摺動面a1〜a4に、Ni-P無電解めっき皮膜を均一に20μmの厚さで形成した。

【0035】得られた発明例、比較例および従来例のピニオンシャフトを用い、ピニオンギヤとピニオンシャフトとのクリアランスを40μmとした場合の焼付発生時のリングギヤトルク（kgf・m）およびピニオンシャフトの摩耗深さ（μm）を測定し、得られた結果を表4にまとめて示した。なお、焼付発生時のリングギヤトルクは、実車試験（2000cc級ターボ付ガソリン車）で1000rpm程度の差動を与えた走行条件において、リングギヤトルクを5kgf・mずつ増大させていった時の焼付発生時のリングギヤトルクを測定したものである。

【0036】

【表4】

区 分	ピニオンシャフト材料	膜 厚 両端部膜厚	焼付発生時の トルク kg-m	実機耐久試験 摩耗深さ μm
発明例	Ni-25Co-6P 3%窒化珪素	10μm 両端部薄い	170	4
比較例	同上	10μm 均一膜厚	135	6
従来例	Ni-P 無電解めっき	20μm 均一膜厚	50	20

【0037】表4に示したように、ピニオンシャフトの摺動部の両端部で複合めっき皮膜の膜厚を薄くした発明例は、焼付発生時のリングギヤトルクが最も高く、また耐久試験後の摩耗量も低く、優れた結果の得られることが確認された。

【0038】（実施例3）次に、ピニオンシャフトの摺動部に施す複合めっきの最適膜厚を確認するため、実施例2で用いたと同じ形状のピニオンシャフトの摺動面a1〜a4に、実施例2と同様に、合金成分がNi-25

%Co-6%Pであって、セラミック粒子として粒径0.5μmの窒化珪素3%を共析させた複合めっき層を10μm、20μmおよび23μmの厚さでそれぞれ形成した。

【0039】得られたピニオンシャフトを用い、実施例2と同一方法により、ピニオンギヤとピニオンシャフトとのクリアランスを40μmとした場合の焼付発生時のリングギヤトルク（kgf・m）およびピニオンシャフトの摩耗深さ（μm）を測定し、得られた結果を表5に

まとめて示した。

【0040】

【表5】

番号	ピニオンシャフト材料	膜厚 両端部膜厚	焼付発生時の トルク kg-m	実機耐久試験 摩耗深さ $\mu\text{m}$
1	Ni-25Co-6P 3%窒化珪素	10 $\mu\text{m}$ 均一膜厚	135	6
2	同上	20 $\mu\text{m}$ 均一膜厚	135	7
3	同上	23 $\mu\text{m}$ 均一膜厚	80	15

【0041】表5に示したように、複合めっき皮膜が10  $\mu\text{m}$ および20  $\mu\text{m}$ であるものは、焼付発生時のリングギヤトルクが135 kg-mであり、また耐久試験後の摩耗量も6~7  $\mu\text{m}$ で、満足すべき結果が得られた。これに対して複合めっき皮膜が23  $\mu\text{m}$ のものは、めっき皮膜内に最大応力点が発生し、層内破壊が発生したため、焼付発生時のリングギヤトルクが80 kg-mと低下し、また耐久試験後の摩耗量も15  $\mu\text{m}$ に達した。なお、複合めっき皮膜が1  $\mu\text{m}$ のものについても同様の試験を行ったが、初期なじみ過程で母材の露出が起り、リングギヤトルクが100 kg-m程度で焼付が発生した。その結果、ピニオンシャフトの摺動面に形成する複合めっき皮膜の膜厚は2~20  $\mu\text{m}$ とすることが好ましいことが確認された。

【0042】

【発明の効果】本発明の摺動部材は以上詳述したように、基材の摺動部表面にNi-xP (x=4~7%)またはNi-xP-yCo (x=4~7%、y=15~35%)と、粒径が1  $\mu\text{m}$ 以下のセラミックス粒子を2~

6%分散させた複合メッキを形成したものであって、複合めっき層の合金層自体が耐摩耗性を有すると共に、共析した分散粒子によりさらにめっき層の耐摩耗性が向上し、相手材を摩耗させずに焼付荷重を増大することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例で用いたピニオンシャフトの側面図である。

【図2】図1のA-A線における断面図である。

【図3】摺動面の円周と膜厚の関係を模式的に示す図である。

【図4】ピニオンシャフトに電気めっき中の平面図である。

【図5】ピニオンシャフトに電気めっき中の側面図である。

【符号の説明】

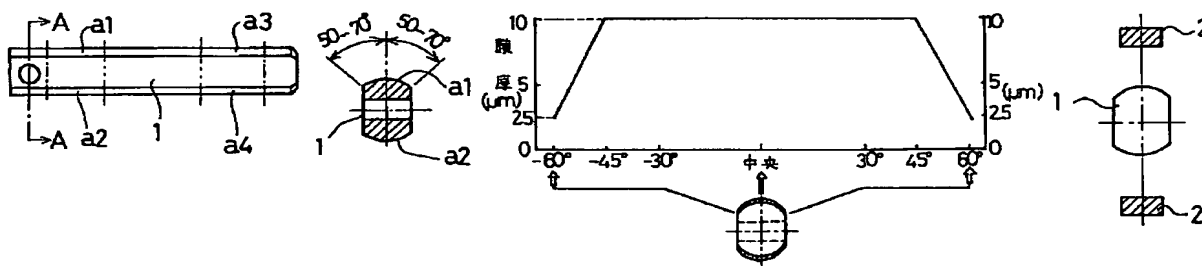
1 ピニオンシャフト 2 電極  
a1~a4 摺動面

【図1】

【図2】

【図3】

【図4】



【図 5】

